Münster 1936 No 224 Med DiSS

Aus dem Pharmakologischen Institut der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster / Westf.
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

Ueber die Wirkung von Arsenit und Arseniat auf die Kohlenhydratspaltung durch verschiedene Hefen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster / Westf.

Vorgelegt von
Heinz Meyer (Zahnarzt)
aus Essen / Ruhr.

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i. W.
1935

Dekan: Prof. Dr. Jötten.
Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.
Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.).

Meinem lieben Vater.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555428_0145

Die Stoffwechselwirkung der Arsenverbindungen ist quantitativ verschieden, je nachdem die wirksamen Verbindungen dem drei- oder fünfwertigen Arsen zugehören. Am Gesamtorganismus führen bekanntlich niedrige Gaben zu Gewebsansatz und höhere zu Gewebsverlust. Dieser Wirkung auf den tierischen Organismus entsprechen die Beobachtungen, die bei der Einwirkung verschiedener Konzentrationen auf einzelne intermediäre Stoffwechselvorgänge gewonnen worden sind. Die Sauerstoffzehrung unter der Einwirkung von Arsenit und Arseniat wurde von Leifert[1]) untersucht. Es war erforderlich, die vorliegenden Bearbeitungen, deren Ergebnisse sich z. T. widersprechen, dadurch zu ergänzen, daß jeweils größere Konzentrationsreihen in ihrer Wirkungsstärke verglichen wurden. Je nach dem oxydativen Vorgang war die Konzentrationsabhängigkeit verschieden. Allen gemeinsam ist die starke Hemmungswirkung hoher Konzentrationen; bei zunehmender Verdünnung kommt es zum Teil zu einer Abschwächung der Hemmung, zum Teil schlägt sie in eine Förderung um. Der Grenzwert der Verdünnung von 10^{-9} ist, wie aus anderen Erfahrungen über die Arsenwirkung hervorgeht, vielleicht zu hoch, um über den Indifferenzpunkt hinaus die fördernde Arsenwirkung in den stärksten Verdünnungen erkennen zu lassen. Einige anaerobe Zellvorgänge zeigen eine ähnliche Verlaufsform. E. Brackmann[2]) untersuchte die Beeinflussung der Dehydrierungsvorgänge. Es gilt auch hier die Regel, daß die meisten Dehydrierungsreaktionen von hohen Konzentrationen der Arsenverbindungen gehemmt werden und daß einige mit zunehmender Verdünnung in dem untersuchten Konzentrationsbereich bis 10^{-10} wirkungslos werden oder eine Förderung hervorrufen. Arsenit wirkt auf die Dehydrierung viel stärker ein als Arseniat. Da es sich bei den untersuchten Oxydations- und Dehydrierungsreaktionen im wesentlichen um Abbauprodukte der Kohlenhydrate handelt, so mußten diese gleichfalls auf ihre Beeinflußbarkeit durch Arsen geprüft werden. Da die Phosphorsäureesterbildung und -spaltung ein wesentliches Zwischenglied im Kohlenhydratabbau darstellt, wurde die Frage der Arsenwir-

[1]) Leifert: Inaugural-Dissertation, Münster 1933 (siehe dort auch Schrifttum über Oxydation).

[2]) Brackmann, Erich: Inaugural-Dissertation, Münster 1934.

kung auf die Phosphatasen und Phosphatesen von Surkamp[3]) untersucht. Hierbei zeigte sich bei der Esterspaltung eine Konzentrationsabhängigkeit, die umgekehrt verläuft wie bei den Oxydationen. Dagegen wird die Phosphorsäureesterbildung vorwiegend gehemmt und nur in mittleren Konzentrationen beschleunigt. Die Bereitstellung von oxydablen Abbaustoffen, deren Menge den Sauerstoffverbrauch bestimmt, ergibt sich dann aus dem Verhältnis von Beschleunigung bzw. Verlangsamung der beiden Teilvorgänge des Phosphatstoffwechsels. Die anaerobe Milchsäurebildung im Gewebsbrei unter Arsenwirkung wurde von Maria Bisping[4]) untersucht. Sie fand, daß bei der Untersuchung verschiedener Konzentrationen von Arsenit und Arseniat bei der Milchsäurebildung aus Glykogen im Muskel und ebenso bei der Zuckerbildung aus Glykogen in der Leber hohe und schwächste Konzentrationen hemmen und bei den mittleren Konzentrationen eine z. T. sehr erhebliche Förderung eintritt, eine Verlaufsform, wie sie nach Surkamp auch bei der Phosphorsäureesterspaltung vorliegt.

Der Kohlenhydratstoffwechsel im tierischen Organismus verläuft bekanntlich nach ähnlichem Mechanismus auch in der Hefezelle. Die Hefegärung und auch der Sauerstoffverbrauch der Hefe sind deshalb häufig zum Nachweis von Giftwirkungen am Zellstoffwechsel untersucht worden. Bekanntlich hat Schulz[5]) an der Hefegärung unter der Arsenwirkung Befunde erhoben, mit denen er zur Aufstellung des von Arndt und ihm sogenannten biologischen Grundgesetzes kam. Im allgemeinen sprechen wir heute nur noch von der Arndt-Schulzschen „Regel", weil sich die Allgemeingültigkeit nicht bestätigt hat. Die Grundversuche von Schulz sind oft nachgeprüft worden. Joachimoglu[6]) konnte sie nicht bestätigen. In neuerer Zeit hat besonders Rolf Meier[7]) die Arsenwirkung auf Atmung und Gärung von verschiedenen Heferassen untersucht. Im Rahmen seines Versuchsplanes widerlegte er an der abweichenden Arsenempfindlichkeit der beiden Zellreaktionen den der Ansicht von Schulz zugrundeliegenden Begriff eines allgemein an den Zellvorgängen sich auswirkenden Reizes.

---

[3]) Surkamp: Inaugural-Dissertation, Münster (in Vorbereitung).

[4]) Bisping, Maria: Inaugural-Dissertation, Münster 1934.

[5]) Schulz: Arch. f. Physiol. 42, 517, 1888.

[6]) Joachimoglu: Biochem. Z. 131, 240, 1922; 79, 144, 1917.

[7]) Meier, Rolf: Biochem. Z. 174, 385, 1926; Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 122, 129, 1927.

Für die vorliegende Arbeit kommen in der Hauptsache seine Befunde über die Arsenwirkung auf die Hefegärung in Betracht, die er nicht an der Zuckerabnahme, sondern an der Kohlensäurebildung maß. Die verschiedenen von ihm verwendeten Hefearten zeigen starke Verschiedenheiten in der Giftempfindlichkeit, qualitativ aber verhielten sie sich dem Arsen gegenüber gleichartig. Bei hohen Konzentrationen fand er eine mehr oder weniger ausgeprägte Hemmung, die bei zunehmender Verdünnung in eine Förderung umschlägt. Da bei der Gärung neben der Kohlensäure verschiedenartige Gärungsprodukte z. T. saurer Natur auftreten können, gibt die direkte Bestimmung der Zuckerabnahme ein besseres Maß für den Umfang des Zuckerabbaus. Mit dieser Methode wurde in den vorliegenden Untersuchungen die Frage der Arsenwirkung auf die Hefegärung erneut geprüft.

Versuchsanordnung.

In unseren Versuchen wurden folgende Hefen verwandt:

1. gewöhnliche Bäckerhefe des Handels,
2. eine untergärige Hefe aus der Germania-Brauerei, Münster,
3. eine obergärige Altbier-Hefe aus der Altbierbrauerei Müller, Münster.

Diese Altbierhefe ist eine sogenannte wilde Hefe, die aus dem Zucker neben Alkohol und Kohlensäure erhebliche Mengen Milchsäure entstehen läßt, worauf die abführende Wirkung dieses Bieres zurückzuführen ist (vgl. Bicker[8]). Um den Milchsäuregehalt im Altbier noch weiter zu steigern, werden der Hefe milchsäurebildende Bakterien, die in Bierwürze sehr gut wachsen und erhebliche Säuregrade vertragen, hinzugesetzt. Bei den verwendeten Bakterien handelt es sich um das Bakterium Delbrückii.

Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt; die Versuchsdauer betrug 4—5 Stunden. Untersucht wurde die Vergärung von Glukose (Dextropur), deren Konzentration in den Versuchen 10 % betrug. Die Hefekonzentration betrug gleichfalls 10 %. Die Konzentration der untersuchten Arsensalze — Natriumarsenit und Natriumarseniat — in den Versuchsansätzen ist in den Tabellen angegeben. Die Unterbrechung der Versuche (Gesamtvolumen 40 ccm) erfolgte durch Zusetzen von 5 ccm 30%iger Bleiacetatlösung, die einen Zusatz von 0,2 % Monobromessigsäure enthielt. In Vorversuchen hatte sich nämlich herausgestellt, daß

[8]) Bicker: Inaugural-Dissertation, Münster 1932.

durch Bleiacetat allein die Gärung der Hefe nicht vollkommen unterdrückt wird. Die Hefe war in einer Phosphatpufferlösung $p_H = 5{,}65$,m/40 suspendiert. Durch Zusatz von Bleiacetat zu Phosphat entsteht Bleiphosphat, an das sich alle kolloiden Substanzen anlagern; der Niederschlag läßt sich leicht und schnell filtrieren, und das erhaltene Filtrat ist stets klar. In den Versuchen ohne Phosphat wurden vor dem Zusatz von Bleiacetat zunächst 5 ccm einer m/10 Phasphatlösung zugegeben, weil durch Fällung mit Bleiacetat allein eine kolloidale Lösung entsteht, die nur langsam und dabei trübe durch das Filter läuft. Die Zuckerbestimmung erfolgte polarimetrisch in einer 2-Dezimeterröhre im Landoltschen Halbschattenapparat.

Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 1—7 und in einer Übersichtstabelle 8 zusammengefaßt. Die Versuche der Tabellen 1—6 wurden in Phosphatpufferlösung angestellt, die Versuche der Tabelle 7 ohne Verwendung eines Puffers.

Wie aus den einzelnen Versuchen und der Übersichtstabelle hervorgeht, ist das Wirkungsbild von drei- und fünfwertigen Arsen in alle Fällen recht einheitlich. In hohen Konzentrationen verschlechtert Arsen den Zuckerabbau durch sämtliche untersuchten Hefen. In quantitativer Beziehung bestehen für die einzelnen Hefestämme und gleichfalls für Arsenit und Arseniat recht erhebliche Unterschiede. In den gleichen molaren Konzentrationen sind die Hemmungen besonders durch Arsenit sehr verschieden. Am stärksten wird die Glukosevergärung der Altbierhefe geschädigt, die bei den Konzentrationen 1.10^{-2} m rund 80 % beträgt und bei der 10fachen Verdünnung immer noch 75 %. Bei Bierhefe machen die Hemmungen 70 bzw. 40 % aus und für die Bäckerhefe der beiden Konzentrationen 40 %. Mit zunehmender Verdünnung lassen die hemmenden Einflüsse des Arsenits schnell nach und sind bei einer Konzentration von $3{,}14.10^{-6}$ m für beide Hefen vollkommen verschwunden. Bäckerhefe verhält sich in ihrer Giftempfindlichkeit anders als Bierhefe; sie ist wesentlich weniger giftempfindlich: die Hemmung geht bereits beim Übergang von $3{,}14.10^{-4}$ m zu der Konzentration 1.10^{-4} m verloren. Die Arsenatwirkung unterscheidet sich in wesentlichen Punkten von der Arsenitwirkung; dies gilt besonders für die Bierhefen, die durch Arsenat in hohen Konzentrationen in ihrer Tätigkeit wesentlich schwächer beeinträchtigt werden als durch Arsenit. In der gleichen molaren Konzentration von 1.10^{-2} m wird z. B. die Gärung der Altbierhefe durch Arsenit um rund 80 %, durch Arseniat nur um 30 % verzögert, die Gärung der Bierhefe durch Arsenit um

rund 70 %, durch Arseniat um 20 %. Die höhere Giftwirkung des Arsenits gegenüber dem Arseniat ist also ganz offensichtlich. Noch deutlicher kommen diese Unterschiede heraus, wenn wir uns die Konzentrationen von Arsenit und Arseniat ansehen, bei denen eine Hemmungswirkung noch gerade festzustellen ist. Wirkungslosigkeit finden wir bereits bei der Konzentration von 1.10^{-3} m Arseniat bei Bierhefe und einer Konzentration von $3{,}14.10^{-4}$ m bei Bäcker- und Altbierhefe. Beim Arsenit tritt die Wirkungslosigkeit bei den Bierhefen erst bei einer 100fach niedrigeren Konzentration als bei Arseniat auf, für Bäckerhefe bereits schon bei der 3fach niedrigeren Konzentration. Bemerkenswert ist, daß die Gärung der Bierhefe gegen die bei den höchsten von uns angewendeten Konzentrationen $3{,}14.10^{-3}$ m und 1.10^{-2} m von Arsenit und Arseniat gleich empfindlich ist. Die höhere Giftwirkung des Arsenits macht sich erst bei der nächst niedrigeren Verdünnung bemerkbar.

Die bisher besprochenen Arsenwirkungen beziehen sich nur auf höhere Arsenkonzentrationen, die die Arsenwirkung in abfallenden Konzentrationen bis zur Wirkungslosigkeit zeigen. In stärkeren Verdünnungen tritt in allen Fällen sowohl durch Arsenit wie durch Arseniat bei sämtlichen Hefen eine Steigerung des Gärvermögens auf, die für 3- und 5wertiges Arsen verschieden hoch ist. Die stärkste Steigerung wird in unseren Versuchen durch Arsenit an Bäckerhefe hervorgerufen. Die Steigerungen betragen in dem Konzentrationsbereich 1.10^{-5} bis 1.10^{-6} m 30 % und darüber, während bei der gleichen Arseniatkonzentration die Steigerungen nur rund 10 % ausmachen. Die optimal steigernden Konzentrationen der Arsenverbindungen sind für die einzelnen Hefen verschieden. Sie liegen bei der Verdünnung von 1.10^{-5} m bis 1.10^{-7} m herunter. Die gleiche Arsenkonzentration — das gilt nur für das Arsenit — kann die Gärung der einen Hefe steigern, einer anderen Hefe hemmen. So wird z. B. die Gärung der Bäckerhefe durch 1.10^{-4} m Arsenit um rund 10 % gesteigert, die Gärung der Bierhefe um rund 25 % verzögert. Die Steigerungen sind im allgemeinen mit Ausnahme von Bäckerhefe durch Arsenit nicht sehr erheblich und betragen rund 10 %. Mit zunehmender Verdünnung läßt die Förderungswirkung der Arsensalze nach und ist in den stärksten von uns angewendeten Verdünnungen meist nicht mehr nachweisbar.

In ungepufferter Lösung — Tabelle 7 — unterscheidet sich die Wirkungsweise der Arsenverbindungen gegenüber den Versuchen in Phosphatpufferlösung in einigen wesentlichen Punkten. In den vier höchsten von uns verwendeten Konzentrationen ist die Wirkungsstärke von Arsenit und Arseniat annähernd gleich,

was in Phosphatpufferlösung nicht der Fall ist. Im Sonstigen besteht weiterhin der Unterschied, daß die optimalen Steigerungen in ungepufferter Lösung durch beide Arsensalze von der gleichen Größenordnung sind (23 %) während in saurer Phosphatpufferlösung das Arsenit dem Arseniat in seiner gärungssteigernden Wirkung weit überlegen ist. Die Versuche zeigen, daß die Wirkung von Giften auf die Hefegärung weitgehend vom Säuregrad abhängig ist.

Überblicken wir die Versuchsergebnisse, so kann für die Arsenwirkung auf die Hefegärung festgestellt werden, daß das Wirkungsbild des Arsens im ganzen der Arndt-Schulzschen Regel folgt: hohe Konzentrationen wirken umgekehrt wie starke Verdünnungen. Eine Hemmung der Hefegärung durch sehr starke Verdünnungen von Arsen, wie sie Leifert an einer Reihe von sauerstoffverbrauchenden Vorgängen im überlebenden Geweben auffand, sowie auch Bisping für die Milchsäurebildung aus Kohlenhydraten und Surkamp für einige Vorgänge des Phosphatstoffwechsels, läßt sich an der Hefegärung nicht nachweisen. In diesen Arbeiten wurde der Nachweis erbracht, daß hohe und kleine Arsengaben den Gewebsstoffwechsel hemmen und nur mittlere ihn fördern. Die von uns durch die Arsenverbindungen ausgelösten Abänderungen der Hefegärung entsprechen vielmehr den Befunden, die Brackmann für die Dehydrierungsvorgänge im Gewebe unter der Arsenitwirkung erhob. Arsenit fördert in starken Verdünnungen die Dehydrierungen und verlangsamt sie in höheren Konzentrationen. Bemerkenswert ist, daß Arseniat hier meist vollkommen unwirksam ist.

Tabelle 1. Bäckerhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,36	9,36	—	—
Kontrollvers.	5,64	5,64	100	100
1.10^{-10}m	5,55	5,17	103	113
$3{,}14.10^{-10}$m	5,30	5,35	109	108
1.10^{-9} m	5,38	5,47	107	107
$3{,}14.10^{-9}$ m	5,35	5,57	108	102
1.10^{-8} m	5,30	5,54	109	103
$3{,}14.10^{-8}$ m	5,12	5,47	114	105
1.10^{-7} m	4,84	5,29	121	109
$3{,}14.10^{-7}$ m	4,70	5,13	126	114
1.10^{-6} m	4,39	5,12	134	114
$3{,}14.10^{-6}$ m	4,36	5,21	134	112
1.20^{-5} m	4,35	5,27	135	110
$3{,}14.10^{-5}$ m	5,13	5,39	114	107
1.10^{-4} m	5,21	5,51	112	103
$3{,}14.10^{-4}$ m	6,26	5,62	84	100
1.10^{-3} m	7,18	6,15	59	86
$3{,}14.10^{-3}$ m	7,03	7,00	63	64
1.10^{-2} m	7,05	7,11	62	61

Tabelle 2. Bäckerhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,35	9,35	—	—
Kontrollvers.	5,60	5,60	100	100
1.10^{-10}	5,62	5,19	100	111
$3,14.10^{-10}$	5,33	5,37	107	106
1.10^{-9}	5,46	5,45	104	104
$3,14.10^{-9}$	5,34	5,54	107	102
1.10^{-8}	5,29	5,51	108	102
$3,14.10^{-8}$	5,21	5,48	111	103
1.10^{-7}	4,81	5,32	121	107
$3,14.10^{-7}$	4,73	5,14	123	112
1.10^{-6}	4,58	5,13	127	112
$3,14.10^{-6}$	4,51	5,24	129	110
1.10^{-5}	4,56	5,27	128	109
$3,14.10^{-5}$	5,14	5,42	112	105
1.10^{-4}	5,21	5,52	111	102
$3.14.10^{-4}$	6,28	5,64	82	99
1.10^{-3}	7,11	6,06	60	88
$3,14.10^{-3}$	7,04	6,94	62	64
1.10^{-2}	7,01	7,08	62	61

Tabelle 3. Germania-Bierhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau : %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9.31	9,31	—	—
Kontrollvers.	5,47	5,47	100	100
$1,10^{-10}$	5,60	5,06	97	111
$3,14.10^{-10}$	5,36	5,15	103	108
1.10^{-9}	5,19	5,25	107	106
$3,14\,10^{-9}$	5,13	5,19	109	107
1.10^{-8}	5,03	5,14	111	109
$3,14.10^{-8}$	4,98	5,13	113	109
1.10^{-7}	4,91	5,04	115	111
$3,14.10^{-7}$	5 00	4,99	112	112
1.10^{-6}	5,12	4,90	109	115
$3,14.10^{-6}$	5,19	4,89	107	115
1.10^{-5}	5,57	5,08	98	110
$3,14.10^{-5}$	5,97	5,15	87	108
$1\,10^{-4}$	6,30	5,19	78	107
$3,14.10^{-4}$	6,50	5,30	73	104
1.10^{-3}	7,10	5,39	58	102
$3,14.10^{-3}$	7,89	5,79	37	92
1.10^{-4}	8,03	6,14	33	82

Tabelle 4. Germania-Bierhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,32	9,32	—	—
Kontrollvers.	5,23	5,23	100	100
1.10^{-10}	5,57	5,10	92	103
$3,14.10^{-10}$	5,31	5,17	98	102
1.10^{-9}	5,23	5,29	100	99
$3,14.10^{-9}$	5,11	5,20	103	101
1.10^{-8}	5,01	5,17	105	102
$3,14.10^{-8}$	4,96	5,11	107	103
1.10^{-7}	4,84	5,06	110	104
$3,14.10^{-7}$	5,05	4,98	104	106
1.10^{-6}	5,14	4,87	102	109
$3,14.10^{-6}$	5,19	4,74	101	112
1.10^{-5}	5,59	5,13	91	102
$3,14.10^{-5}$	5,90	5,20	84	101
1.10^{-4}	6,32	5,25	73	100
$3,14.10^{-4}$	6,51	5,34	69	97
1.10^{-3}	7,04	5,42	56	95
$3,14.10^{-3}$	7,87	5,83	35	85
1.10^{-2}	8,01	6,20	32	76

Tabelle 5. Müllers Altbierhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,32	9,32	—	—
Kontrollvers.	5,58	5,58	100	100
1.10^{-10}m	5,67	5,50	98	102
$3{,}14.10^{-10}$m	5,58	5,61	100	99
$1\,10^{-9}$ m	5,45	5,69	103	97
$3{,}14.10^{-9}$ m	5,40	5,57	105	100
1.10^{-8} m	5,32	5,48	107	103
$3{,}14.10^{-8}$ m	5,37	5,36	106	106
$1{,}10^{-7}$ m	5,28	5,28	108	108
$3{,}14.10^{-7}$ m	5,20	5,18	110	111
1.10^{-6} m	5,45	5,19	103	111
$3{,}14\,10^{-6}$ m	5,55	5,31	101	107
1.10^{-5} m	5,74	5,44	96	104
$3{,}14.10^{-5}$ m	5,88	5,55	92	101
1.10^{-4} m	6,48	5,55	76	101
$3{,}14.10^{4-}$ m	7,23	5,63	56	99
1.10^{-3} m	8,37	6,06	25	87
$3{,}14.10^{-3}$ m	8,52	6,42	21	77
1.10^{-2} m	8,64	6,77	18	68

Tabelle 6. Müllers Altbierhefe.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,32	9,32	—	—
Kontrollvers.	5,57	5,57	100	100
1.10^{-10}m	5,62	5,52	99	101
$3{,}14.10^{-10}$m	5,57	5,62	100	99
1.10^{-9} m	5,47	5,73	103	96
$3{,}14.10^{-9}$ m	5,43	5,57	104	100
1.10^{-8} m	5,35	5,46	106	103
$3{,}14.10^{-8}$ m	5,30	5,36	107	105
1.10^{-7} m	5 27	5,28	108	108
$3{,}14.10^{-7}$ m	5,23	5,18	102	110
1.10^{-6} m	5,41	5,18	104	110
$3{,}14.10^{-6}$ m	5,51	5,34	102	106
1.10^{-5} m	5,73	5,44	96	103
$3{,}14.10^{-5}$ m	5,81	5,52	94	101
1.10^{-4} m	6,46	5,57	76	100
$3{,}14.10^{-4}$ m	7,20	5,64	57	98
1.10^{-3} m	8,41	6,02	24	88
$3{,}14.10^{-3}$ m	8,52	6,38	21	79
1.10^{-2} m	8,61	6,70	19	70

Tabelle 7. Bäckerhefe.

Ansätze mit Aqua dest.

Konzentration	Drehung: °		Glukoseabbau: %	
	Arsenit	Arseniat	Arsenit	Arseniat
Direkter Vers.	9,34	9,34	—	—
Kontrollvers.	5,62	5,62	100	100
1.10^{-10}m	5,46	5,10	104	114
$3{,}14.10^{-10}$m	5,21	5,13	111	113
1.10^{-9} m	5,40	4,94	106	118
$3{,}14.10^{-9}$ m	5,29	4,95	109	118
$1{,}10^{-8}$ m	5,08	4,99	115	117
$3{,}14.10^{-8}$ m	5,00	4,77	117	123
1.10^{-7} m	4,88	4,83	120	121
$3{,}14.10^{-7}$ m	4,75	4,91	123	119
1.10^{-6} m	4,79	5,09	122	114
$3{,}14.10^{-6}$ m	4,78	5,39	123	106
1.10^{-5} m	4,94	5,49	118	103
$3{,}14.10^{-5}$ m	5,08	5,70	114	98
1.10^{-4} m	5,23	5,78	111	96
$3{,}14.10^{-4}$ m	5,68	5,87	99	93
1.10^{-3} m	6,56	6,40	75	79
$3{,}14.10^{-3}$ m	7,05	6,91	62	65
1.10^{-2} m	7,01	7,10	63	60

Tabelle 8. Übersichtstabelle.

Gärvermögen in % des Kontrollversuchs.

Konzentration	Arsenit			Arseniat		
	Bäckerhefe	Bierhefe	Altbierhefe	Bäckerhefe	Bierhefe	Altbierhefe
1.10^{-10} m	102	94	99	112	107	102
$3{,}14\,10^{-10}$ m	108	100	100	107	105	99
1.10^{-9} m	105	104	103	105	103	97
$3{,}14.10^{-9}$ m	108	106	105	102	104	100
1.10^{-8} m	109	108	107	103	105	103
$3{,}14.10^{-8}$ m	113	110	107	104	105	106
1.10^{-7} m	121	112	108	108	107	108
$3{,}14.10^{-7}$ m	124	108	110	113	108	111
1.10^{-6} m	130	105	104	113	112	111
$3{,}14.10^{-6}$ m	132	104	102	111	113	107
1.10^{-5} m	132	94	96	110	106	104
$3{,}14.10^{-5}$ m	113	85	93	106	104	101
1.10^{-4} m	111	75	76	103	103	101
$3{,}14.10^{-4}$ m	83	71	57	100	100	99
1.10^{-3} m	60	57	25	87	98	88
$3{,}14.10^{-3}$ m	63	36	21	64	89	78
1.10^{-2} m	62	32	19	61	79	69

Zusammenfassung.

Drei- und fünfwertige Arsenverbindungen hemmen in hohen Konzentrationen die Hefegärung und fördern sie in stärkeren Verdünnungen. In gleichen molaren Konzentrationen ist die Hemmungswirkung der Arsenite größer als die der Arsenate. Verschiedenartige Hefen zeigen eine stark unterschiedliche Giftempfindlichkeit.

Lebenslauf.

Ich bin am 6. April 1904 als Sohn des Apothekenbesitzers Dr. Rudolf Meyer zu Essen-Ruhr geboren und bestand am dortigen Burggymnasium am 10. März 1923 die Reifeprüfung. Nach längerem juristischem Studium ging ich im Wintersemester 1931/32 zur Zahnheilkunde über, bestand in Münster am 29. Juli 1933 die Vorprüfung und legte ebenfalls in Münster am 23. Mai 1935 das zahnärztliche Staatsexamen ab.

Zum Schluß gestatte ich mir, Herrn Privatdozent Dr. Haarmann für die Übertragung der Arbeit und Herrn Professor Dr. Freund für seine liebenswürdigen Anregungen meinen ergebensten Dank auszusprechen.